

# L'histoire, un medium de didactique aux Nouvelles Technologies

Florent Laroche (1 2 3) , Sébastien Le Loch (2 4 5),  
Michel Cotte (2 3), Jean-Louis Kerouanton (2 3), Alain Bernard (1)

(1) Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes (IRCCyN), Ecole Centrale, Nantes

(2) Institut de l'Homme et de la Technologie (IHT), Ecole Polytechnique, Nantes

(3) Centre François Viète d'histoire des sciences et des techniques, Université, Nantes

(4) IUT Département Génie Mécanique et Productique, Carquefou

(5) Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM) Ecole Centrale, Nantes

[florent.laroche@irccyn.ec-nantes.fr](mailto:florent.laroche@irccyn.ec-nantes.fr), [Sebastien.Le-Loch@univ-nantes.fr](mailto:Sebastien.Le-Loch@univ-nantes.fr), [michel.cotte@univ-nantes.fr](mailto:michel.cotte@univ-nantes.fr), [jean-louis.kerouanton@univ-nantes.fr](mailto:jean-louis.kerouanton@univ-nantes.fr), [alain.bernard@irccyn.ec-nantes.fr](mailto:alain.bernard@irccyn.ec-nantes.fr)

## Résumé

*L'enseignement de la Conception Assistée par Ordinateur en projet tutoré doit permettre d'appréhender d'une part les notions vues pendant les heures d'enseignement mais aussi les difficultés liées à une maquette numérique de taille industrielle (gestion de projet, des fichiers, travail collaboratif). La motivation et le suivi des étudiants sont les garants d'une étude intéressante et formative mais ils sont souvent délicats avec des projets industriels. Nous proposons ici un témoignage pédagogique d'une nouvelle thématique de recherche émergente: la conservation et la valorisation du patrimoine technique et industriel.*

*La richesse technique des "vieilles" machines étudiées, du contexte de l'époque, et la qualité des différents intervenants dans le projet (conservateurs de ce patrimoine, historiens des techniques...) ont séduits les groupes d'étudiants réalisant ce type de projet et c'est pour nous, chercheurs et enseignants, un devoir de diffuser ce type de démarche afin de la rendre reproductible dans d'autres structures universitaires.*

**Mots clés:** Histoire des techniques, Patrimoine industriel et technique, Génie Industriel, maquette numérique, CAO.

## 1 Introduction

Se simplifier la vie, inventer des objets pour toujours faire mieux. Depuis la nuit des temps l'Homme tente d'améliorer sa situation de vie. Il se crée un monde parallèle (mais réel) au monde réel naturel. Ces objets de la vie quotidienne font désormais partie de notre patrimoine "présent" mais également "passé". Conserver ces objets afin de les analyser et de les comprendre peut devenir une source de connaissances pour anticiper notre "futur" et créer les objets de demain. Malheureusement, la protection de ce patrimoine pose question quant aux méthodes, aux ressources et aux compétences à utiliser pour le capitaliser et le valoriser. En effet, depuis 200 ans, les objets étant devenus de plus en plus complexes, de nouvelles méthodes et de nouveaux outils sont à implémenter pour cette muséologie du 3<sup>ème</sup> millénaire.

Une des actions menées par notre groupe de recherche consiste à proposer une nouvelle démarche de rétro-engineering impliquant des équipes interdisciplinaires ayant pour acteurs principaux des étudiants avec un profil scientifique et technique. L'objectif de cette communication n'étant pas d'explicitier la démarche de recherche muséologique développée, nous rappellerons simplement dans un premier temps le processus global à mettre en place pour conserver et valoriser le patrimoine technique et industriel. Dans un deuxième temps, nous illustrerons ces propos par un projet universitaire réalisé.

## 2 Vers une méthodologie générale et son Dossier d'Oeuvre Patrimonial Technique

Selon les propos de Kuhn sur les Révolutions scientifiques [1] et la rupture observée dans les systèmes techniques et industriels contemporains vis-à-vis des systèmes proto-industrielles du 18<sup>ème</sup> siècle (Domestic system et Manufactory System), un manque dans les méthodes contemporaines de conservation du patrimoine est donc apparu : les sciences et les techniques doivent être reconsidérées à leur juste valeur au même titre que l'est actuellement le patrimoine architectural. A titre d'exemple, dans une usine, il y a les murs des ateliers mais aussi les moteurs, les actionneurs et les machines qui confectionnent les produits : prendre en compte ce point de vue technique et le contexte socio-économico-technique peut alors conduire à une

meilleure compréhension du passé. Cependant, étant donné qu'il est question de mécanique et d'industrie, un produit sous-entend également une cinématique, une dynamique, des flux et des process. Ainsi, faire converger les approches des sciences pour l'ingénieur et celles des sciences humaines et sociales peut être bénéfique pour les deux disciplines.

Notre approche propose donc une nouvelle finalité : sauvegarder et conserver un objet physique coûte cher pour un Musée ; et parfois, le démantèlement est impossible (la machine tombant en ruine) ; nous proposons alors de le sauvegarder sous la forme d'un objet virtuel, d'une maquette numérique...

La figure 1 présente le processus global que nous avons mis en place pour capitaliser et valoriser le patrimoine scientifique, technique et industriel.

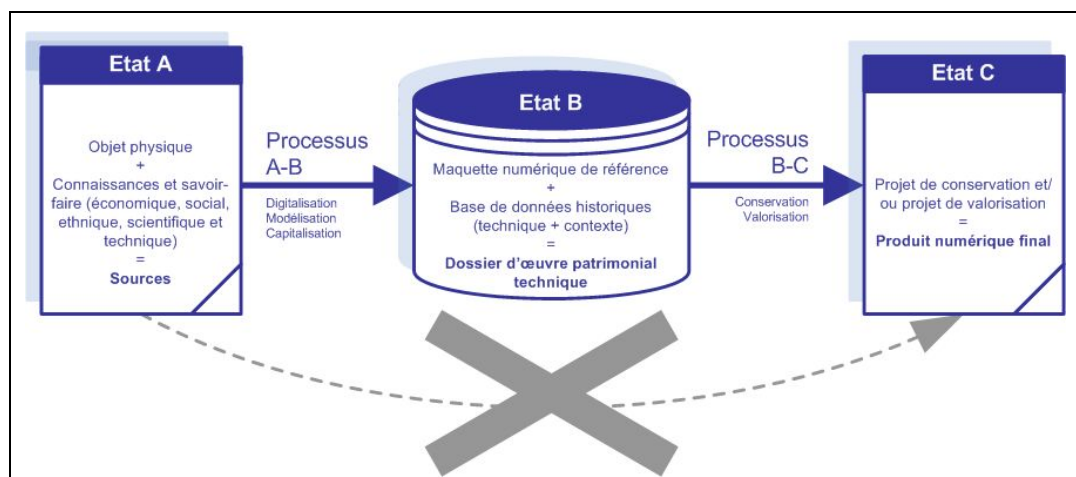


Figure 1. Méthodologie générale pour la conservation du patrimoine technique et industriel

Passer directement de l'état A à l'état C n'est pas recommandé. En effet, les différentes possibilités de finalités énumérées ci-après pour l'état C montrent qu'il est nécessaire de capitaliser un maximum d'éléments au départ. Ainsi, un état intermédiaire structuré contenant l'ensemble des informations, des données et des connaissances est indispensable : c'est que ce l'on appelle, par extension à la définition muséographique du Dossier d'Oeuvre, le Dossier d'Oeuvre Patrimonial Technique. Notons que l'appellation anglaise est plus signifiante et que celle-ci sera utilisée plus largement : DHRM = Digital Heritage Reference Model [2].

La première phase concerne l'acquisition des données. Il s'agit du travail classique de l'histoire des techniques consistant à regrouper la documentation à caractère technique ou externaliste. La première catégorie concerne les plans, les données archéologiques, anthropologiques ou ergonomiques, les restes de machines... La deuxième catégorie est constituée par des données économiques, sociales, architecturales, paysagères... [3].

Par la suite, un travail de numérisation des données, de prise de côtes, est mené. Les premiers outils de base sont bien entendus le pied à coulisse et le mètre à ruban. Cependant, afin de gagner en temps de mesure et afin de pouvoir prendre en charge des machines complexes, la numérisation 3D peut être utilisée : théodolite à balayage laser, photogrammétrie, scanner laser 3D avec reconstruction topographique en temps réel...

Cette première phase doit ensuite être prolongée par une analyse de ces données numérisées, dans le but d'élaborer la maquette numérique de référence de l'état B et ainsi conduire au DHRM. Ce dernier fait intervenir toutes les données à caractère scientifique, technique et dynamique de la machine. De plus, une base de données à caractère historique lui est associée. Cet ensemble constitue alors « le Dossier d'Oeuvre Patrimonial Technique », permettant en lui-même la gestion des connaissances.

A partir de cet état de référence, plusieurs possibilités d'utilisation de cette maquette à des fins de valorisation sont envisageables (état C) : thésaurus virtuel (archives numériques), sauvegarde en archéologie industrielle, utilisation didactique pour experts ou universitaires, reconstruction, valorisation muséographique pour tout type de public. Pour le dernier cas d'application, plusieurs approches peuvent être développées. Au vu de la croissance exponentielle des technologies de Réalité Virtuelle, nous menons actuellement des recherches d'un point de vue utilisateur afin de cerner au mieux les besoins du public quant à l'appréhension de ce type de technologie [4].

### 3 Une problématique universitaire multi-points de vue

#### 3.1 Le cadre générale des projets universitaire "en autonomie"

La multiplication des projets tutorés, lors desquels les étudiants travaillent en autonomie, dans les formations techniques : IUT, Licences Professionnelles ou Ecoles d'Ingénieurs pose des difficultés notamment pour l'élaboration des sujets et l'encadrement. Dans le cas de l'apprentissage de la CAO avancée (maquette numérique complexe, simulation), réaliser un projet industriel de conception est un exercice difficile car les étudiants n'auront que rarement l'autonomie pour arriver jusqu'à un système CAO complexe et, de plus, les supports industriels d'études sont très difficiles à obtenir.

Plusieurs autres voies sont souvent utilisées dans les établissements scolaires, on peut citer les projets de compétition entre établissements (Eco-Marathon Shell, Coupe E = M6...), les projets d'auto-équipement (matériels de Travaux Pratiques) ou encore les projets de « reverse-engineering ».

C'est sur cette dernière catégorie de projet que porte notre communication. Les avantages de ces projets sont :

- la possibilité d'arriver à des maquettes CAO complexes pour lesquelles les étudiants ont à utiliser les règles de la conception en groupe de projet,
- la connaissance des performances du système donc des résultats attendus des simulations à réaliser permettant une auto-correction par les étudiants,
- le suivi simplifié de la progression des projets.

#### 3.2 Apport de l'étude de machines du patrimoine technique

Les machines anciennes étudiées ont une technicité importante demandant une bonne appropriation du sujet par les étudiants mais des ressources documentaires sont indispensables afin d'aider à la compréhension des mécanismes. Ces connaissances (plans, études des performances, comptes rendus d'essais...) ne sont en effet plus protégées par la confidentialité industrielle comme c'est le cas sur les systèmes complexes récents.

Les machines du patrimoine interpellent les étudiants pour plusieurs raisons : ils n'ont jamais vu ces machines en situation, la conception est différente des logiques de conception qu'ils connaissent (cinématique complexe du fait qu'il y a qu'un seul actionneur par exemple, moyens de fabrication des pièces différents), et les principes physiques employés ne sont plus utilisés aujourd'hui (machines à vapeur par exemple).

Le contexte d'un projet de conservation du patrimoine via une maquette numérique doit donc regrouper différents acteurs en plus des étudiants et enseignants de conception :

- Des « conservateurs » de ce patrimoine : musées, associations de restauration de machines anciennes, services historiques d'entreprise... Ils vont permettre de recontextualiser les machines du point de vue technique (par des démonstrations si les machines sont fonctionnelles, récit de l'utilisation...) et de répondre aux interrogations des étudiants sur la/les technologie(s) employée(s) (fonctionnement, matériaux et fabrication à l'époque).
- Des historiens des techniques. Leur travail est de replacer les machines dans leur contexte historique (production industrielle de l'époque, évolution technique des machines étudiées) et de rechercher et d'analyser voire de "traduire" les documents techniques d'époque (plans, brevets, rapports d'essais, livres de formation de techniciens, etc.), documents indispensables pour la réussite de ces projets.
- Des spécialistes des principes physiques utilisés.
- Des spécialistes multimédia ou des informaticiens pour la vulgarisation et la diffusion des résultats obtenus [5] (vidéo, réalité virtuelle, musée virtuel via Internet...) [5].

Parfois, un même spécialiste peut assurer plusieurs fonctions mais les domaines peuvent être représentés par d'autres étudiants en projet, mémoire ou stage (histoire ou autre discipline scientifique). La richesse et l'ouverture apportées par les discussions entre les étudiants et ces acteurs d'horizons inhabituels pour eux sont soulignées dans l'ensemble des projets réalisés ces dernières années : ces intervenants ayant à cœur de partager leurs connaissances pour la conservation du patrimoine.

#### 3.3 Le contexte pédagogique des projets de sauvegarde du patrimoine

Le projet détaillé ci-après a été réalisé par un groupe de trois étudiants dans le cadre de la licence professionnelle Gestion de la Production Industrielle de l'IUT de Nantes, profil Conception Industrialisée de Produits au département Génie Mécanique et Productique. Ce sont des projets tutorés d'environ 150 heures (deux à trois séances de quatre heures par semaine) dont l'objectif pédagogique principal est d'approfondir

l'utilisation d'un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) après une formation assez courte d'une trentaine d'heures.

L'objectif fixé aux étudiants est de réaliser en complète autonomie une maquette numérique la plus fidèle possible d'une machine ancienne et de l'exploiter (explication du fonctionnement, simulation de sa cinématique et/ou analyse de son dimensionnement).

Du point de vue de l'intérêt pédagogique en CAO, les machines anciennes sélectionnées sont intéressantes à double titre. Beaucoup de pièces sont de forme complexe car moulées ou forgées, imposant l'utilisation des outils de dessins avancés, notamment surfaciques et l'utilisation d'un seul actionneur (parfois même l'énergie humaine) implique une cinématique complexe, qui, sans l'outil de CAO paramétrique et la simulation cinématique, serait difficile à recréer à partir de cotes approximatives.

Les étudiants réalisant ces projets ont déjà de bonnes bases en conception mécanique et cet aspect n'est pas abordé lors des projets. Ces machines ne sont pas adaptées à ce type d'étude ni aux outils modernes des NTIC (elles ont d'ailleurs souvent nécessité une longue mise au point et de nombreux ajustages pour fonctionner), sauf dans le cadre d'une étude de l'évolution d'un mécanisme au cours du temps.

Une partie importante de la formation étant dédiée à la gestion de projet, il est attendu des étudiants une organisation rigoureuse de leur étude, en outre la mise en place de réunions d'avancement avec les autres acteurs (demandeurs, historiens...) permettant le suivi du travail réalisé. Le rôle des enseignants de conception se limite alors à résoudre les questions techniques des étudiants (à leur demande, aucune heure d'encadrement étant affectée à ces projets) sur les outils ou méthodes utilisés. L'évaluation se fait par une soutenance orale et un rapport écrit.

Cet article présente un cas d'étude afin d'illustrer les propos précédents.

## 4 Le canot à vapeur d'Indret de 1861

### 4.1 Contexte du projet

Le Pôle Historique d'Indret est une entité de DCN Propulsion (Nantes) qui a pour mission la sauvegarde du patrimoine historique, industriel et bâti du site (création en 1777) à travers l'archivage de documents : plans, rapports, photos... Le projet exposé ici porte sur le premier canot à vapeur à hélice construit à Indret en 1861 (dix mètres de longueur). L'objectif pédagogique fixé était de pouvoir expliquer son fonctionnement mais également de pouvoir comprendre son dimensionnement ainsi que les choix techniques réalisés à l'époque et sa place dans l'évolution des bâtiments militaires réalisés ensuite sur le site d'Indret (Figure 2).

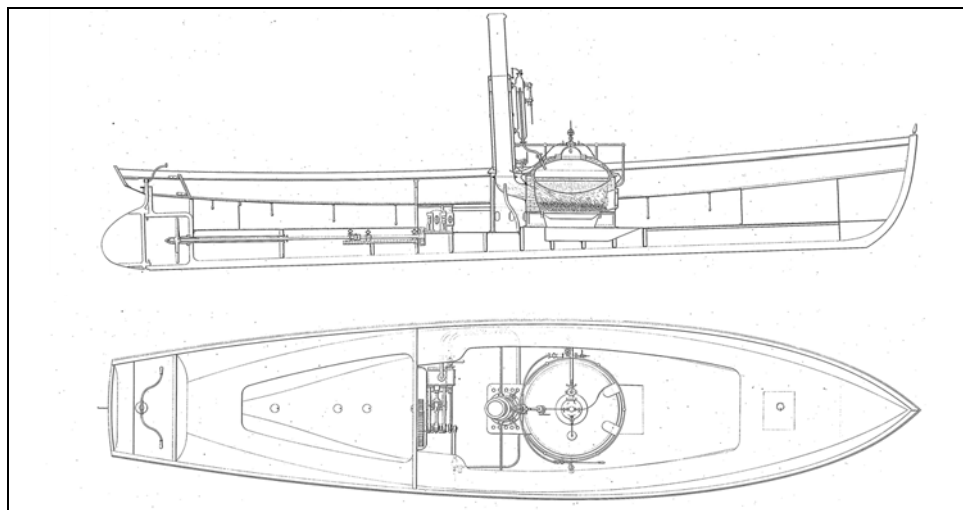


Figure 2. Plan du canot

### 4.2 Un projet interdisciplinaire : quelles interactions ?

Ce travail d'archéologie industrielle a premièrement regroupé des historiens des techniques travaillant sur les archives et des étudiants du département Thermique Energétique de l'Ecole Polytechnique de Nantes. La première étude a permis de comprendre la partie échange thermique et sa machine à vapeur.

Les étudiants de l'IUT ont ensuite eu comme tâche de réaliser la maquette numérique à partir d'un unique plan d'ensemble restauré (Figures 2 et 4). De plus, des connaissances externes rassemblées par les historiens ont

permis de comprendre et de modéliser les détails invisibles du plan (intérieurs des injecteurs, pompes...) et connaître les matériaux utilisés. Ces précisions sont obtenues à travers les rapports d'essais de ce prototype ou les correspondances avec le ministère de la marine (Figure 3), celle-ci donnant par exemple la puissance approximative de la machine, mais aussi les commandes réalisées (marque de l'injecteur, matériaux), qui, croisées avec d'autres documents anciens permettent d'obtenir une définition précise des sous-ensembles cachés du plan.

La participation aux projets de personnes expertes en machines à vapeur et connaissant les ouvrages s'y référant ont pu également aider à lever certaines hypothèses et à rester compatible avec les procédés de fabrication et d'assemblage de l'époque (exemple : pas de soudage mais rivetage...).

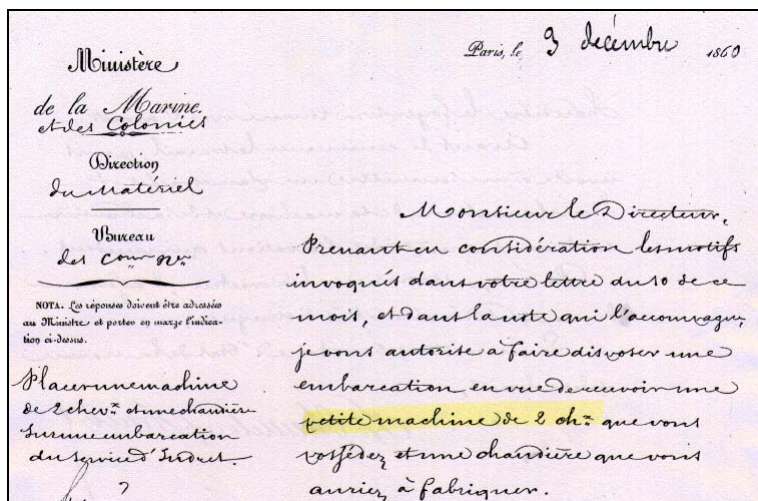


Figure 3. Extrait de la Dépêche Ministérielle du 3 décembre 1860

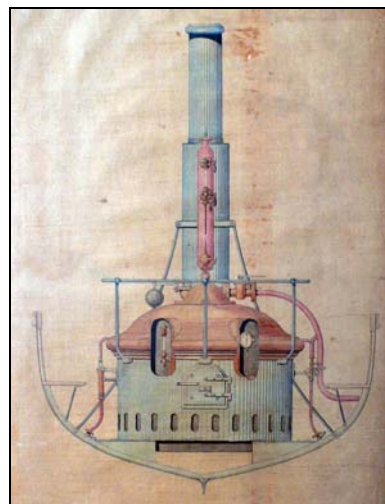


Figure 4. Plan restauré : coupe du canot à vapeur présentant la chaudière

#### 4.3 La démarche de reverse-engineering

Ne possédant la machine réelle, la phase de prise de côtes ou de numérisation 3D de l'objet en fut tronquée. Cependant, cette étape fut remplacée par une intégration des plans directement dans la maquette CAO (Figure 5) : intégration des différentes vues du plan d'ensemble principal et des plans de mécanismes secondaires « équivalents » de l'époque.

L'absence de la machine réelle prive les étudiants de réponses directes à certaines questions techniques (pas de démontage possible) mais surtout leur rend son appropriation bien plus difficile. L'apport des discussions avec les historiens est très important sur ce point, les étudiants s'appropriant leur sujet à travers le contexte historique du mécanisme.

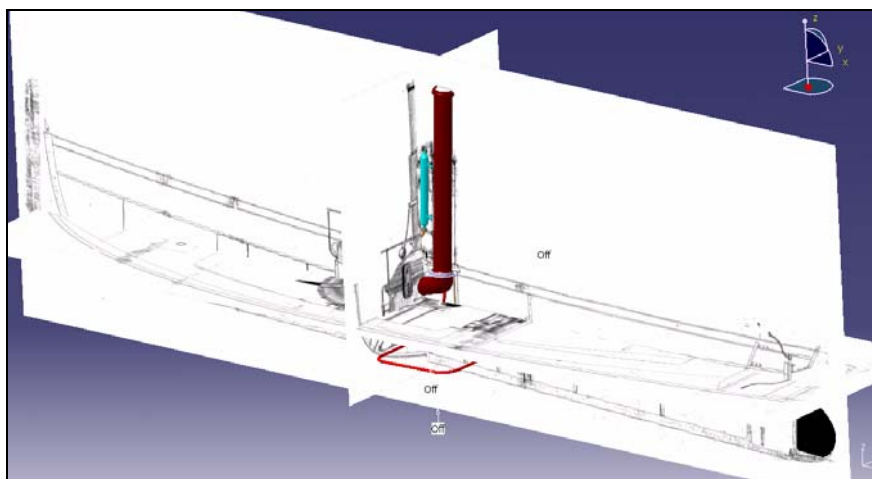
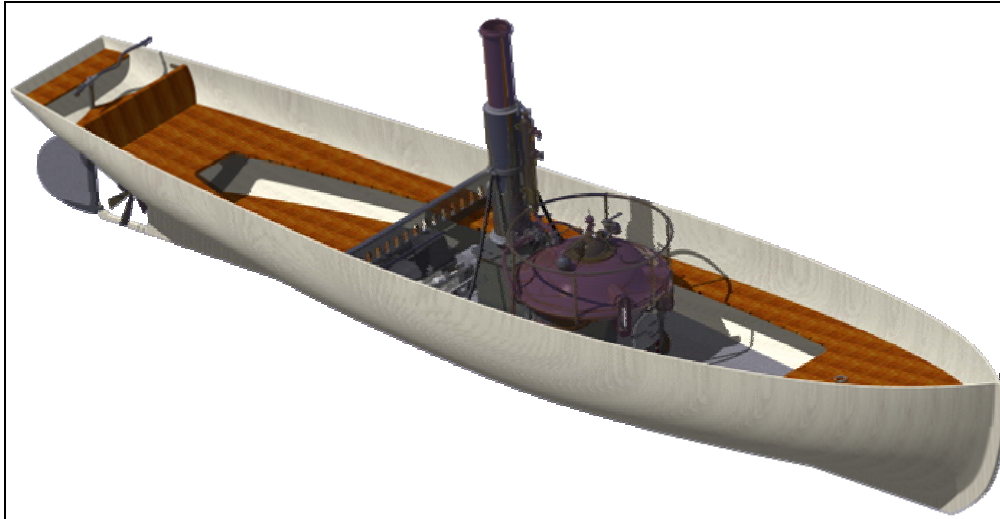


Figure 5. Intégration des plans dans la maquette CAO



*Figure 6. Maquette virtuelle fonctionnelle du Canot à vapeur de 1861*

## 5 Conclusion

L'objectif des projets présentés dans cet article est de compléter la formation CAO des étudiants par la réalisation d'une maquette numérique. L'utilisation de machines du patrimoine technique comme support d'étude en coopération avec des historiens des techniques pour réaliser un travail d'archéologie industrielle et de sauvegarde du patrimoine implique les étudiants dans un cadre dépassant celui habituel de leurs études. Dans les différents projets réalisés (menés en parallèles avec des sujets plus « classiques ») la motivation, l'implication des étudiants ont été remarquables même si au premier abord ils peuvent avoir une réticence vis-à-vis des « vieilles » machines.

Il est à noter l'importance de cette pluri-culturalité : les « conservateurs » du patrimoine, les historiens, les spécialistes techniques, les spécialistes multimédia ou informaticiens. L'appropriation de l'objet étudié via son environnement historique est très importante et motivante pour les étudiants. De plus, les différentes revues de projet interdisciplinaires assurent un suivi de l'avancement du travail des étudiants. Les enseignants de conception n'ayant alors plus qu'un rôle d'expert technique et méthodologique sur les outils CAO.

## 6 Remerciements

La création de ces projets est le fruit d'une coopération entre l'Institut de l'Homme et de la Technologie de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes, dont l'initialisation de la thématique de recherche « maquettes numériques et histoire des techniques » a été réalisée dans un premier temps à l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard [6] [7], et l'équipe Ingénierie Virtuelle pour le Génie Industriel de l'IRCCyN.

Les autres enseignants encadrant des projets à l'IUT de Nantes pour les aspects pédagogiques : Yves Bréhant, Eric Foucher et Tanguy Messenger ; ainsi que les trois étudiants de l'IUT du projet "Canot".

Le Pôle Historique d'Indret et en particulier Gilbert Dargent et Jean-Paul Fâche.

Ainsi que l'ensemble des acteurs du projet Canot à vapeur.

Ces projets sont réalisés avec le soutien de l'AIP Primeca Pays de la Loire.

## 7 Bibliographie

- [1] T. Kuhn "La structure des révolutions scientifiques", 1970, 284 p.
- [2] F. Laroche, A. Bernard, M. Cotte, S. Deniaud "A new methodology for a new life of old technical machines", CIRP Design Seminar, Alberta, Canada, Juillet 2006, 12 p.
- [3] F. Laroche, A. Bernard, M. Cotte "Méthode de construction de situations d'usages virtuelles de systèmes techniques anciens", Conférence CPI, Casablanca, Maroc, Novembre 2005, 19 p.
- [4] F. Laroche, A. Bernard, M. Cotte "A new approach for preserving the technical heritage", Colloque scientifique VRIC, Salon Laval Virtual, Laval, France, avril 2006, 11 p.
- [5] O. Rochard, F. Laroche "Development of a Virtual Reality Interface coupled to a Knowledge database: An interactive application aimed to museum's public", ICHIM 2005, Paris, 21-23 septembre 2005
- [6] M. Cotte "Réalisation de maquettes numériques de machines anciennes par des outils de la CAO", actes du CILAC 2004, Le Creusot, 23-26 septembre 2004
- [7] M. Cotte, S. Deniaud "Possibilités offertes par les maquettes numériques aux actions de patrimoine scientifiques et techniques", Revue Archéologie Industrielle en France, n°46, 2005, pp. 33-38